



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Sistemas Eólicos
<b>Clave de la asignatura:</b>	ENC-2105
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	<u>(2 – 2 – 4)</u>
<b>Carrera:</b>	Ing. Eléctrica, Ing Mecánica, Ing. Civil

## 2. Presentación

<b>Caracterización de la asignatura</b>
<p>El programa de la asignatura de Sistemas Eólicos está diseñado para contribuir en la formación integral de los estudiantes del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST), ya que proporciona las competencias necesarias.</p> <p>La finalidad de esta asignatura es promover e inducir, por medio de qué acciones y resultados, que se puede comprender los principios de construcción, operación y mantenimiento de sistemas eólicos, a través del estudio del estado que guarda actualmente este tipo de tecnología de generación y que les permitan una adecuada integración a los sistemas que actualmente se están desarrollando en México</p> <p>Estos conocimientos le aportaran al estudiante tanto en lo personal como en lo profesional, una visión de las herramientas necesarias para determinar el costo beneficio en este tipo de sistemas, los cuales puede emplear para el correcto diseño y operación de instalaciones de sistemas eólicos, que lo ayudaran a contribuir a la conservación de los recursos naturales no renovables y al aprovechamiento sustentable de la energía.</p> <p>En México es importante asesorar a las empresas, particulares, sector público, sobre el tema de uso de sistemas eólicos y con ello pueda tener una disminución en la dependencia de los combustibles fósiles, y aprovechas las bondades de las energías alternas en las regiones de México donde pueden ser explotadas de manera óptima.</p>
<b>Intención didáctica</b>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Las primeras unidades son las bases conceptuales para el conocimiento general de los sistemas eólicos, en cuanto al viento y la calidad del recurso eólico, para posteriormente profundizar sobre el aprovechamiento de la energía eólica, considerando la aerodinámica de los aerogeneradores y la naturaleza de su operación y mantenimiento. La parte final de esta materia está enfocada al impacto ambiental y las consideraciones económicas.

En la primera unidad se proporcionará información para cubrir los temas que incluyen al viento, las consideraciones meteorológicas y la escala de Beaufort y sobre los recursos eólicos en México.

La segunda unidad trata sobre el aprovechamiento en si de la energía eólica, estudiando la aerodinámica de las turbinas de viento y la curva de potencia de los aerogeneradores.

La tercera unidad trata sobre los principales tópicos y problemáticas relacionados con la operación y mantenimiento de un aerogenerador, haciendo hincapié en los criterios de toma de decisión que se consideran más comúnmente.

En la cuarta unidad se habla de la importancia del almacenamiento de la energía eólica, pudiendo ser mediante bombeo de agua, baterías, aire comprimido o hidrogeno y la viabilidad de la misma, contemplando la problemática de la energía eólica en cuanto a su naturaleza interrumpible y la necesidad de utilizar algún tipo de almacenamiento.

Para la quinta unidad se analizan los impactos ambientales y algunas consideraciones económicas discretas, se revisarán los beneficios ambientales del uso de la energía eólica pero también cual es el impacto ambiental que ocasionan los aerogeneradores.

Algunas de las actividades que se sugieren en extra-clase es de observación, análisis y discusión de los resultados dentro del aula.

En las actividades de aprendizaje sugeridas generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas, se busca que el estudiante tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión de temas vistos con anterioridad y que formulen la integración de varios conceptos y sistemas en un solo o proyecto que consolide la formación como ingeniero.

Durante el desarrollo de las actividades programadas en la asignatura es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que particularmente lleva a cabo y entienda que está construyendo su conocimiento, aprecie la importancia del mismo y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía y en consecuencia actúe de manera profesional.



### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Mérida del 07 de marzo al 18 de mayo de 2017	Representantes de la Academia de Ingeniería Mecánica:  Ing. Juan Manuel Bustos García M.C. Emiliano Alberto Canto Quintal	Reunión Academia de Ingeniería Mecánica:
Instituto Tecnológico de Mérida del 10 de febrero al 21 de abril de 2021	Representantes de la Academia de Ingeniería Mecánica:  Dr. Luis Ricalde Castellanos M.C. Emiliano Alberto Canto Quintal M.I. Silvio José Villajuana Cervantes Dr. Hugo Joel Carrillo Escalante Dr. Enrique Josué Chan y Díaz Dr. Joel Odelin Novelo Segura Ing. Juan Alberto González Santillán	Academia de Ingeniería Mecánica
Instituto Tecnológico de Mérida del 10 de febrero al 21 de abril de 2021	Representantes de la Academia de Ingeniería Eléctrica:  Roger Antonio Anguas Morales Agustín Flores Novelo Ángel Abraham Alcalá Caballero Artemio Alpizar Carrillo Beatriz A. García Cristiano Carlos Ruiz Casanova Francisco Ramos Díaz Javier David López Balam Javier Alejandro Naal Gil Nichte Ha Lara Díaz Rafael de Jesús Solís Noriega Rosendo Rodríguez Chávez Teresa Ramírez Hernández Víctor Sandoval Curmina	Reunión Academia de Ingeniería Eléctrica



#### 4. Competencia(s) a desarrollar

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
Analizar las condiciones operativas de una unidad aerogenerador para determinar su punto óptimo de operación, por medio de la aplicación de metodologías para una evaluación de la relación velocidad-potencia de un aerogenerador.

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimientos generales básicos.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Conocimiento de una segunda lengua</li> <li>• Maneja y calcula unidades de energía tanto en el ámbito eléctrico como en el ámbito térmico.</li> <li>• Investiga, analiza y relaciona nuevas tecnologías utilizando diversas fuentes de información, como Internet, artículos científicos y revistas de corte científico.</li> <li>• Utiliza paquetes computacionales para el análisis e interpretación de datos en los dispositivos eléctricos y térmicos.</li> <li>• Manejo del equipo analizador de redes</li> </ul>
---

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	El Viento y los Recursos Eólicos	1.1.-El viento 1.2.-Datos Meteorológicos 1.3.-Escala de Beaufort 1.4.-Recursos Eólicos 1.5.-Prospectiva energética para sistemas eólicos en Yucatán
2	Aprovechamiento de la Energía Eólica	2.1.-Aerodinamica de las turbinas de viento 2.2.- Curva de potencia de los aerogeneradores 2.3.-Coeficiente de potencia 2.4.-Cálculo de problemas sobre potencia y sustentación aerodinámica
3	Operación y Mantenimiento de Aerogeneradores	3.1.- Comisionamiento 3.2.-Operación normal y punto óptimo de operación 3.3.-Operación anormal 3.4.- Mantenimiento y Criticalidad 3.5.- Presupuestos 3.6.- Ciclo de vida útil de un aerogenerador
4	Almacenamiento de la Energía Eólica	4.1.-Despachabilidad de una unidad aerogenerador 4.2.-Sistemas tradicionales de almacenamiento de energía.



		4.3.-Almacenamiento mediante el Bombeo de Agua. 4.4.- Almacenamiento mediante Baterías. 4.5.- Almacenamiento usando Aire Comprimido 4.6.- Hidrogeno.
5	Impacto Ambiental y Consideraciones Económicas	5.1.- Beneficios 5.2 Impacto ambiental 5.3 Criterios a considerar para evaluar la rentabilidad de un proyecto eólico



## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. El Viento y los Recursos Eólicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Gestiona la información sobre la naturaleza del recurso eólico y su disponibilidad a nivel mundial y local considerando la calidad del recurso eólico</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).</li> <li>• Solución de problemas.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo e integración en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Liderazgo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer la naturaleza que origina el recurso eólico que se aprovecha en las unidades aerogeneradores.</li> <li>• Conocer sobre las principales condiciones y parámetros ambientales que deben ser considerados al momento de evaluar la factibilidad de un aerogenerador.</li> <li>• Determinar la viabilidad de los proyectos eólicos regionales.</li> </ul>



2. Aprovechamiento de la Energía Eólica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Puede calcular y evaluar las condiciones aerodinámicas de una unidad aerogeneradora conociendo las variables ambientales y constructivas de la unidad.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).</li> <li>• Solución de problemas.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo e integración en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Liderazgo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución de problemas sobre sustentación y arrastre por efecto aerodinámico.</li> <li>• Determinación del punto óptimo de operación de una unidad aerogeneradora a partir de su curva de potencia.</li> </ul>
3. Operación y Mantenimiento de Aerogeneradores.	
Competencias	Actividades de aprendizaje



<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Familiarizarse con los criterios de decisión más comunes que como ingeniero se enfrentará durante el ciclo de vida de una unidad aerogeneradora.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).</li> <li>• Solución de problemas.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo e integración en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Liderazgo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los principales retos que se enfrenta dura la construcción y puesta en servicio de un aerogenerador.</li> <li>• Conocer los principales parámetros operativos cuando la unidad está en producción.</li> <li>• Conocer los criterios usados para determinar el mantenimiento de un aerogenerador.</li> <li>• Habilidad para explicar el ciclo de vida útil de un aerogenerador.</li> </ul>
---	--

4. Almacenamiento de la Energía Eólica de tema

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Conocer la naturaleza de no despachabilidad de la energía eólica y la necesidad de usar sistemas de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce sobre la naturaleza interrumpible de la energía eólica.</li> <li>• Conoce sobre los sistemas tradicionales de almacenamiento de energía.</li> </ul>





<p>almacenamiento de energía durante dichos periodos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).</li> <li>• Solución de problemas.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo e integración en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Liderazgo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce sobre los sistemas de almacenamiento de energía a base conversión de energía hidráulica.</li> <li>• Conoce sobre las diferentes alternativas para el uso de baterías.</li> <li>• Investiga sobre las opciones para almacenar energía con el uso de aire comprimido e Hidrogeno.</li> </ul>
---	--

5. Impacto Ambiental y Consideraciones Económicas.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Aprenderá sobre los beneficios del uso del recurso eólico para generar energía, pero también sobre su impacto sobre el medio ambiente y el ecosistema donde será operado.</p> <p>Genéricas:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una investigación sobre los estudios públicos de impacto ambiental de parques eólicos.</li> <li>• Presentar la investigación a todo el grupo.</li> <li>• Presentar alternativas de solución para las problemáticas detectadas</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera.</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua.</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).</li> <li>• Solución de problemas.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo e integración en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Liderazgo.</li> </ul>	
---	--

## 8. Práctica(s)

Se deja al docente la libertad de elegir el número de las prácticas a realizar, pero estas siempre deben buscar en el alumno los siguientes puntos:

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración entre los alumnos.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el alumno
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el



trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes.

- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis- síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.



## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.



## 10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Desarrollo de las prácticas en forma independiente o en equipos.
- Reportes de investigación sobre fuentes de energía renovables.
- Desarrollo un proyecto de eficiencia energética en una institución o empresa.
- Construcción de un prototipo que utilice al menos una fuente de energía alternativa.
- Selección y evaluación de un sistema que utilice una fuente renovable de energía.
- Examen escrito.
- Trabajos de investigación.
- Elaboración de tareas.
- Participación en clases

## 11. Fuentes de información

1. Andrews, J. & Jelley, N. Energy Science. Principles, technologies and impacts. Oxford University Press 2007.
2. Boyle, G. Renewable Energy. Power for a sustainable future. Second Edition. Open University Oxford University Press 2004.
3. De Juana, JM. Energías Renovables para el desarrollo. Ed. Thomson-Paraninfo 2003.
4. Ortega, M. Energías Renovables. Ed. Paraninfo 1999.
5. Sorensen, B. Renewable Energy. 3a Edición. Ed. Elsevier Academic Press 2004.
6. Cruz Roble. (2017). Tecnologías de Almacenamiento de Energía. 26 de septiembre de 2008, Sitio web: <https://www.aeeolica.org/uploads/documents/powerexpo2008/02-Ignacio%20Cruz-CIEMAT.pdf?phpMyAdmin=nkH26XnGN7Ws3Rn1f-QjR33eVc7>